

***А. О. Слукина, К. И. Луговая\*, М. А. Жиликова, Р. И. Петров,  
И. В. Нарыгина***

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

*\*k.i.lugovaya@urfu.ru,*

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук *А. А. Попов*

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ФАЗЫ $Ti_3Al$

В работе исследовано влияние режимов термической обработки на процессы образования упорядоченной фазы  $Ti_3Al$  ( $\alpha_2$ -фазы) в сплаве системы  $Ti-Al$ . Установлено, что в сплаве  $Ti-17Al$  происходит образование дисперсных частиц  $\alpha_2$ -фазы по механизму зарождения и роста.

*Ключевые слова:* титановые сплавы, упорядочения, интерметаллиды.

***A. O. Slukina, K. I. Lugovaya, M. A. Zhilyakova, R. I. Petrov, I. V. Narygina***

## STUDY OF THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANISMS OF FORMATION OF THE PHASE $Ti_3Al$

The work investigated the influence of heat treatment on the formation of ordered phase  $Ti_3Al$  ( $\alpha_2$ -phase) in the alloy  $Ti-Al$  system. Established that in the alloy  $Ti-17Al$  the formation of dispersed particles of  $\alpha_2$ -phase is caused by the mechanism of nucleation and growth.

*Keywords:* titanium alloys, ordering, intermetallics.

Согласно литературе, выделение в титановом сплаве упорядоченной  $\alpha_2$ -фазы приводит к упрочнению сплава и изменению механических свойств [1, 2]. Причиной этого может являться выделение вторых фаз. Материалом исследования служил двухфазный ( $\alpha + \alpha_2$ ) сплав  $Ti-17Al$  в литом состоянии.

Согласно предыдущему исследованию [3] проведение термической обработки с нагревом на 1200 °С и последующим охлаждением на воздухе для сплава  $Ti-17at.\%Al$  способствует получению однородной структуры, в которой наблюдаются дислокационные сетки и дислокационные границы. Старение данного сплава при температурах 500 и 700 °С приводит к выделению дисперсных частиц фазы  $Ti_3Al$  ( $\alpha_2$ -фазы), количество и размер которых растет с повышением температуры старения. Для дальнейшего изучения механизмов образования  $\alpha_2$ -фазы была проведена

термообработка с нагревом в однофазную  $\alpha$ -область на 950 °С и последующим переохлаждением при температурах 400, 500, 600 °С.

В структуре образца после переохлаждения при 400 °С в течении 10 часов помимо дисперсных частиц присутствуют парные дислокации, которые могут свидетельствовать о прохождении упорядочения (рис., а, б). Последующие повышение температуры до 500 °С при длительных выдержках приводит к формированию полигональных сеток, кроме того сохраняются парные дислокации и дисперсные частицы (рис., в, г). По сравнению с образцом после 400 °С в микроструктуре данного образца происходит увеличение размеров дисперсных частиц и их объемной доли. Дальнейший анализ показал, что увеличение температуры переохлаждения до 600 °С существенно не меняет микроструктуру образца, а лишь приводит к дальнейшему увеличению размера и объемной доли дисперсных частиц  $\alpha_2$ -фазы (рис., д, е).

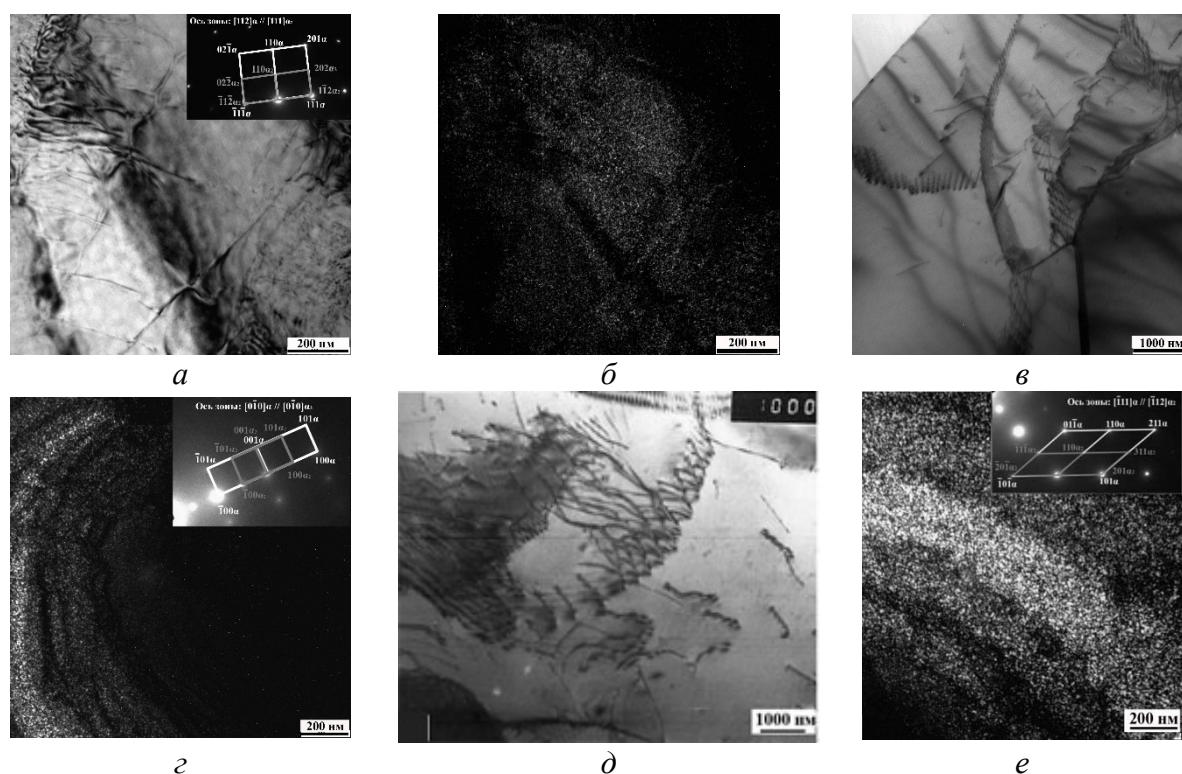


Рис. Микроструктура сплава Ti-17 ат.% Al после нагрева на 950 °С и последующей изотермической выдержки при 400 (а, б), 500 (в, г) и 600 °С (д, е) в течение 10 часов: а, в, д – светлопольные изображения; б – темнопольное изображение с «а» в свете рефлекса  $110\alpha_2$ ; г – темнопольное изображение в свете рефлекса  $100\alpha_2$ ; е – темнопольное изображение в свете рефлекса  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}\alpha_2$

Никаких признаков появления антифазных границ после рассмотренных обработок не наблюдали. Следовательно, образование частиц  $\alpha_2$ -фазы в процессе старения или изотермической выдержки происходит как фазовое превращение зарождения и роста

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-7923.2016.8*

ЛИТЕРАТУРА:

1. The role of intermetallic precipitates in Ti-62222S / D. J. Evans [et al.] // Materials Science and Engineering: A. 1996. Vol. 213 (1–2). P. 37–44.
2. Effect of nanoscale  $\alpha_2$  precipitation on strain localisation in a two-phase Ti–Alloy / D. Lunt [et al.] // Acta Materialia. 2017. Vol. 129. P. 72–82.
3. Popova M. A. Precipitation of  $\alpha_2$ -Phase in Titanium-Aluminum Alloys / M. A. Popova, N. G. Rossina, K. I. Petrova // Metal Science and Heat Treatment. 2015. Vol. 57. I. 7–8. P. 469–472.